

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 490 056 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 91117696.4

51 Int. Cl.⁵: **B29B 7/48, //B29K7:00**

22 Anmeldetag: 17.10.91

30 Priorität: 14.12.90 DE 4039943

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.06.92 Patentblatt 92/25

64 Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB IT SE

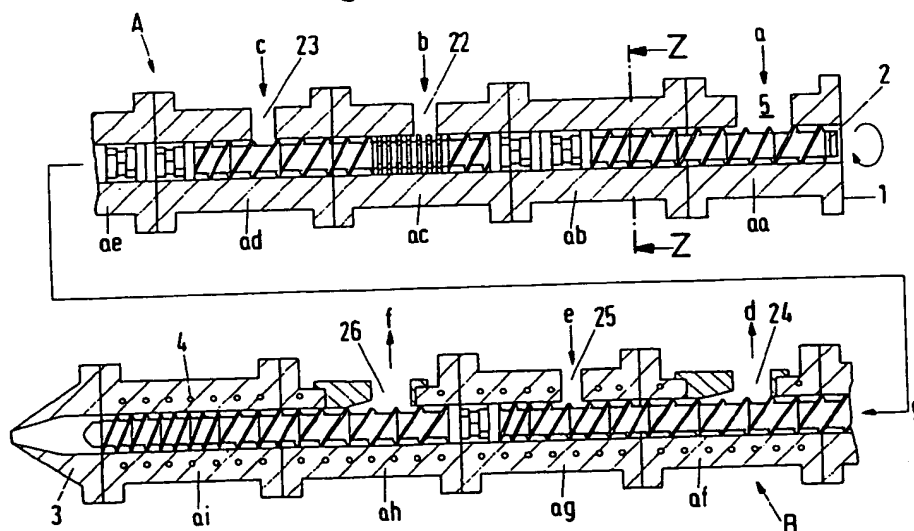
71 Anmelder: **HERMANN BERSTORFF
Maschinenbau GmbH
An der Breiten Wiese 3/5
W-3000 Hannover 61(DE)**

72 Erfinder: **Brinkmann, Heinz
Fichtenweg 8
W-3257 Springe 2(DE)
Erfinder: Capelle, Gerd, Dipl.-Ing.
Hainhäuser Weg 53
W-3012 Langenhagen 6(DE)**

54 Verfahren und Vorrichtung zur einstufigen, kontinuierlichen Herstellung einer Kautschukgrund- und -fertigmischung für Fahrzeugreifen, Antriebsriemen, Transportbänder sowie für technische Gummiartikel in nur einer Mischung.

57 Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur einstufigen, kontinuierlichen Herstellung einer Kautschukgrund- und -fertigmischung für Fahrzeugreifen, Antriebsriemen, Transportbändern sowie für technische Gummiartikel in nur einer Mischvorrichtung vorgestellt, bei der unter Verwendung eines Doppelschneckenextruders sowohl die Kautschukgrundmischung als auch die Kautschukfertigmischung kontinuierlich in ein und derselben Mischvorrichtung herstellbar ist.

Fig.1



EP 0 490 056 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur einstufigen, kontinuierlichen Herstellung von Kautschukgrund- und -fertigmischungen für Fahrzeugreifen, Antriebsriemen, Transportbänder sowie technische Gummiartikel gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 2.

Kautschukmischungen, die den Ausgangswerkstoff eines jeden Elastomerproduktes wie Reifen, Förderbänder, Dichtprofile, Federbälge usw. darstellen, sind komplexe, reaktive Mehrkomponentensysteme, die im allgemeinen aus Kautschuk, Weichmacheröl zum Strecken des Polymers und zum Verbessern der Verarbeitungseigenschaften, Chemikalien zum Erzielen spezieller Eigenschaften wie z.B. Flammenschutz, Lichtschutz, Haftmittel, verstärkende Füllstoffe (z.B. Ruß, Kieselsäure oder Fasern zum Erhöhen der mechanischen Festigkeit und Vernetzungssystemen aus Vernetzungsmittel, Aktivatoren, Beschleunigern und Verzögerern bestehen.

Aufgrund der unterschiedlichen Zustandsformen (Ballen, Granulat, Pulver, Flüssigkeit), der extrem unterschiedlichen Viskositäten und der stark unterschiedlichen Gewichtsanteile (z. B. 1 Teil Schwefel auf 100 Teile Kautschuk) stellt die Vermischung dieser einzelnen Stoffkomponenten eine verfahrens- und maschinentechnisch äußerst schwierige Aufgabe dar. Zudem kommt dem Prozeß der Mischungsherstellung noch eine besondere Bedeutung zu, da die physikalischen und chemischen Eigenschaften eines elastomeren Fertigerzeugnisses nicht nur von der Rezeptur der Kautschukmischung, sondern auch von der Mischtechnik abhängig sind. So hat z.B. die Reihenfolge der Zugabe von Kautschuk, Ruß und Weichmacher einen erheblichen Einfluß auf die Rußdispersion und damit auf die mechanische Festigkeit des Fertigteils.

Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik werden Kautschukmischungen nahezu ausschließlich auf als Knetter bezeichneten Innenmischern hergestellt.

Eine Innenmischeranlage besteht aus Dosier-, Verwiege- und Transportsystem, dem Innenmischer, einem Extruder oder Walzwerk zur Aufbereitung der Innenmischercharge zu Kautschukfellen, einer Kühlanlage für die Felle und einer Ablege- oder Schneidvorrichtung.

Der eigentliche Mischprozeß erfolgt in einer Kammer mit zwei verschließbaren Öffnungen und zwei parallel angeordneten, mit Knetelementen bestückten und gegenläufig drehenden Rotoren. Die Wände der Mischkammer, die Rotoren, der Einfüllstempel und der Ausstoßklappsattel werden mit zirkulierender Flüssigkeit temperiert. Die Stoffkomponenten werden bei hochgefahrenem Stempel über den Einfüllschacht zugeführt während Flüssigkeiten über Düsen direkt in die Mischkammer einspritzbar sind. Die Kanten der rotierenden Knetschaufeln bilden Spalte, in denen das Material geschert und dispergiert wird. Die Knetelemente sind so gestaltet, daß das Mischgut in Längs- und Umfangsrichtung zwangsgefördert wird. Die aus dem laminaren Strömungsfeld resultierende Stromteilung und Umschichtung bewirkt einen distributiven Mischeffekt. Am Ende eines Zyklus wird die Mischkammer durch Abschnwenken des Klappsattels geöffnet und das Mischstück wird durch die Förderwirkung der Rotoren ausgeworfen.

Die für das Erreichen einer homogenen Mischung erforderliche Verweil- oder Zykluszeit wird empirisch für jede Rezeptur ermittelt. Steuerungstechnisch wird der Prozeß beendet, wenn vorgegebene Werte der Zeit, des Rotordrehmomentes, der Rotorumdrehungen, der Mischguttemperatur oder des Energieeintrages erreicht sind.

Die über die Rotoren eingetragene Energie wird zu einem großen Teil in der hochviskosen Polymermasse dissipiert. Aufgrund des wärmetechnisch ungünstigen Oberflächen/Volumen-Verhältnisses der Mischkammer kann die Dissipationswärme nur begrenzt abgeführt werden. In dem daraus resultierenden Temperaturanstieg des Mischgutes liegt einer der gravierendsten Nachteile des Innenmischprozesses begründet: Um ein vorzeitiges Starten der temperaturabhängigen Vernetzungsreaktion zu vermeiden, muß eine Kautschukmischung mit einem Innenmischer im allgemeinen in mehreren Stufen hergestellt werden. In der ersten Stufe werden alle nicht-reaktiven Bestandteile gemischt. In Fällen hoher Füllstoffkonzentrationen und thermischer Instabilität der Polymere können hierfür bereits mehrere Zyklen erforderlich sein.

Die als Grundmischung bezeichnete Vormischung wird nach Auswurf aus dem Innenmischer von ca. 100 ° C bis 160 ° C auf 20 ° C bis 40 ° C abgekühlt und anschließend der Fertigmischstufe zugeführt. Dort werden ebenfalls mit einem Innenmischer die reaktiven Vernetzungschemikalien in die Grundmischung eingemischt, wobei eine Temperatur von ca. 80 ° C bis 120 ° C nicht überschritten werden darf. Die nach dieser Stufe alle Bestandteile enthaltende Fertigmischung wird wiederum auf 20 ° C bis 40 ° C abgekühlt. In vielen Fällen wird die Fertigmischung vor der Weiterverarbeitung noch 20 bis 40 Stunden gelagert, um während dieser Lagerzeit die Mischgüte durch diffusiven Stofftransport auf das erforderliche Niveau anzuheben.

Die Herstellung von Kautschukmischungen mit Innenmischern ist mit zwei erheblichen Nachteilen behaftet. Zum einen kann ein Innenmischer prinzipiell nur diskontinuierlich betrieben werden. Daraus ergibt sich eine Unterbrechung im kontinuierlichen Fertigungsablauf mit organisatorischen und logistischen Problemen. Ferner besteht die Gefahr von Qualitätsschwankungen, da aufgrund des intermittierenden Betriebes bei jedem Zyklus Anfahrereffekte auftreten.

Zweitens kann die Temperatur des Mischgutes nur in engen Grenzen beeinflußt werden, weshalb der Mischprozeß mehrstufig durchgeführt und nach jeder Mischstufe eine Umformung und Abkühlung erfolgen muß. Aus der Mehrstufigkeit ergeben sich eine Verlängerung der Mischzeit, ein sehr großer Energiebedarf durch das wiederholte Plastifizieren und Abkühlen der Mischung sowie die Notwendigkeit, Lager- und Transportkapazitäten für die Zwischenmischungen bereit zu stellen.

Aufgrund dieser Nachteile des Innenmischers ist bereits in den 60er Jahren mit der Entwicklung alternativer Mischaggregate begonnen worden. So wurde beispielsweise der aus der DE-AS 11 42 839 bekannte Transfermix-Extruder auf seine Eignung als Kautschukmischer untersucht. Dabei handelt es sich um einen Einschneckenextruder, bei dem nicht nur der rotierende Dorn (Schnecke), sondern auch der stehende Zylinder über Fördergänge verfügt. Das Material wird mehrfach von den Fördergängen der Schnecke in die des Zylinders und wieder zurück transferiert, wodurch eine gute Mischwirkung erzielt wird. Das Zusammenfassen der Herstellung von Kautschukgrund- und -fertigmischungen in einem kontinuierlichen Verfahrensablauf und dessen Bewältigung in nur einer Mischvorrichtung war jedoch aus thermischen Gründen nicht möglich.

Ebenfalls nur zum Fertigmischen geeignet ist eine aus der DE-AS 16 79 829 bekannte Zwei-Wellen-Maschine. Ein Farrel-Continuous-Mixer besteht im wesentlichen aus zwei gegenläufig drehenden und beidseitig gelagerten Wellen, die im Einzugsbereich wie Förderschnecken und im Austragsbereich wie Knetschaufeln gestaltet sind. Die Verweilzeit kann über die Drehzahl der Wellen und eine Drossel im Austrittsquerschnitt beeinflußt werden.

Außerdem ist eine von der Firma Buss AG entwickelte und als Ko-Kneter bezeichnete Einwellenmaschine zur Herstellung von Kautschukmischungen bekannt geworden. In ihr sind einem Stiftexttruder vergleichbar die Flanken der Schnecken im Ko-Kneter über den Umfang mehrfach durchbrochen. In diese Durchbrüche greifen während der Rotation im Zylinder befestigte Knetzähne ein. Zur Erhöhung der Längsmischwirkung führt die Welle bei jeder Umdrehung eine oszillierende Längsbewegung aus (Kautschuk und Gummi, Kunststoffe, 38. Jahrgang, Nr. 2/85, Seiten 116 - 121).

Letztlich ist aus der europäischen Patentschrift 0 277 558 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Kautschukmischungen bekannt, bei der zwei Innenmischer in Serie angeordnet sind. Der erste Innenmischer besorgt die Grundmischung des Kautschuks, während der zweite Innenmischer die Aufgabe der Fertigmischung übernimmt. Der zweite Innenmischer befindet sich direkt unter dem Mischer für die Kautschukgrundmischung, so daß diese chargenweise direkt in den Fertigmischer geleitet und dort weiterverarbeitet werden kann.

Zwar wird mit dieser Verfahrensweise das sehr kostenaufwendige Abkühlen und Rückerwärmen durch das bisherige Zwischenlagern der Grundmischung vermieden, nachteilig ist aber wie bei allen anderen Verfahrensweisen und Vorrichtungen gemäß dem Stand der Technik, daß eine kontinuierliche Herstellung von Kautschukfertigmischungen nicht möglich ist. Zudem ist die Kühlfähigkeit des zweiten als Fertigmischer arbeitenden Innenmischers aufgrund seines vergleichsweise schlechten Verhältnisses von kühlabar Oberfläche zur im Mischer befindlichen Mischungsmenge nach wie vor schlecht.

Von den Alternativen zum Innenmischer hat sich daher in der betrieblichen Praxis aus überwiegend technischen Gründen, wie ungenügende Mischleistung oder thermische Probleme, keine durchsetzen können. Der Stand der Technik zur Herstellung von Kautschukmischungen ist somit nach wie vor der auf der Basis von Teigknetmaschinen entwickelte Innenmischer.

Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung vorzustellen, mit denen von Rohkautschuk ausgehend in einem Arbeitsgang kontinuierlich eine Kautschukfertigmischung wirtschaftlich herstellbar ist, ohne daß der Kautschuk zur Abkühlung und zum Diffusionsstoffaustausch zwischenzulagern und abzukühlen ist und bei denen es zu keiner Vulkanisierung des Kautschuks in der Mischvorrichtung kommt.

Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich aus den Merkmalen der Ansprüche 1 und 2. Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Mit dem durch die Erfindung zur Verfügung gestellten Herstellungsverfahren sowie mit der erfindungsgemäßen Herstellungsvorrichtung lassen sich gegenüber den bisher hauptsächlich verwendeten Innenmischern erhebliche Vorteile erzielen. Neben der Verbesserung der Qualität des kontinuierlich produzierbaren Fertigmischung ergeben sich deutliche Einsparungen in den Herstellungskosten, was anhand eines Beispiels veranschaulicht werden kann:

Die heute üblichen Innenmischer werden zumeist in Größen von 50 bis 500 l Mischkammervolumen gebaut. Eine in allen Teilbereichen der kautschukverarbeitenden Industrie vielfach verwendete Maschinengröße ist die der 350 l-Mischer, für die im folgenden eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt wird.

Die Kosten für die Herstellung von 1 kg vernetzungsfähiger Kautschukmischungen setzten sich

durchschnittlich wie folgt zusammen:

Materialkosten	85 %
Lohnabhängige Fertigungskosten	8 %
Maschinenabhängige Fertigungskosten	7 %
	<u>100 %</u>

Für die Herstellungskosten ergibt sich somit ein maximales Einsparungspotential von 15 %.

In Tabelle 1 sind die einzelnen Positionen, aus denen sich die Herstellungskosten zusammensetzen, für das konventionelle Verfahren mit Innenmischern und für das neu entwickelte Verfahren zusammengestellt. Die Kosten für den Innenmischer-Prozeß stellen gesicherte Erfahrungswerte der kautschukverarbeitenden Industrie dar. Die Kosten für die Neuentwicklung wurden vom Patentanmelder konservativ geschätzt auf der Basis der langjährigen Erfahrungen mit Extrusionsanlagen. Dieser Kostenvergleich enthält im einzelnen folgende Annahmen bzw. Erfahrungswerte:

	Innenmischer Grund- mischung DM/t	Fertig- mischung DM/t	Verfahren gemäß der Patentanmel- dung DM/t
Lohnabhängige Fertigungs- kosten	33,70	33,70	22,50
Maschinenabhängige Fer- tigungskosten:			
Elektr. Energie	37,20	13,70	59,20
Kühlung	3,70	3,30	5,--
Wartung	25,80	22,90	
Sachfixkosten	51,90	51,90	42,40
Kosten für Nebentätig- keiten:			
Chemikalien abwiegen und kontrollieren	26,10	12,40	26,10
Transport und Lager	23,90	24,40	-,--
Mischungsfreigabe	-,--	27,50	-,--
Abfall	1,--	1,--	1,--
Gesamtkosten	203,30	190,80	156,20
	394,10		=====

Tabelle 1: Kostenanteile für die Herstellung von Kautschukmischungen

Mit Innenmischern der Größe 350 1 können bei praxisüblichen Werten von Mischzeit, Füllgrad und Rüstzeit im 3-Schichtbetrieb etwa 2.300 kg/h produziert werden. Auf diesen Durchsatz werden die Kostenanteile bezogen.

Bei der Produktion mit Innenmischern wird die Mischung in der Regel in 2 Stufen hergestellt. In der ersten Stufe wird die Grundmischung und in der zweiten Stufe die Fertigmischung produziert. Dazu sind 2 komplette Maschinendurchläufe erforderlich, die mit jeweils 3 Mann Bedienungspersonal betrieben werden.

Der Erfindungsgegenstand erfordert dagegen nur 2 Mann Bedienungspersonal.

Der Berechnung der Sachfixkosten liegen ein Abschreibungszeitraum von 15 Jahren und ein Zinssatz von 6 % zugrunde. Die Investitionssumme setzt sich zusammen aus den Kosten für die Dosier- und Beschickseinrichtungen, das Mischaggregat einschließlich Antrieb und Steuerung und für eine Balchoff-Anlage. Im Fall einer Erstinstallation kommen noch Kosten für eine Vorzerkleinerung des im allgemeinen in 5 Ballenform gelieferten Rohkautschuks dazu sowie ein Sicherheitszuschlag von 20 % für zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht abschätzbare Zusatzkosten.

Für die Installation einer Laboranlage wird der ungünstige Fall angenommen, daß einige Mischungsbestandteile aufgrund zu geringer Konzentrationen einzeln nicht kontinuierlich zudosiert werden können. Zur 10 Herstellung eines Vorgemisches dieser Mischungsbestandteile werden Kosten in der Position "Chemikalien abwiegen und kontrollieren" in der für den Innenmischer-Prozeß üblichen Größenordnung angesetzt. Die Kosten für Transport, Lager und Mischungsfreigabe entfallen dagegen, da die mit der vorgeschlagenen Vorrichtung hergestellte Mischung direkt zum Endprodukt weiterverarbeitbar ist.

Aus dieser Kostenbetrachtung, die bewußt mit ungünstigen Annahmen durchgeführt wurde, ergibt sich 15 eine Verringerung der Produktionskosten von 60,4 % für das neue Verfahren. 1988 wurden in Europa insgesamt 2,83 Mio t Kautschukmischungen mit einem Durchschnittspreis von 8.000,- DM/t hergestellt. Bei einem Anteil von 15 % Herstellungskosten ist mit der Neuentwicklung unter diesen Rahmenbedingungen eine Einsparung von DM 2.051.184.000,- allein für die europäische Kautschukindustrie möglich. Dies bedeutet eine erhebliche Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit bei der Nutzung des hier vorgeschlagenen 20 Erfindungsgegenstandes.

Aus der kontinuierlichen Betriebsweise der gemäß einer nach dem beanspruchten Verfahren betriebenen Herstellungsvorrichtung ergeben sich nicht nur wirtschaftliche, sondern auch technische Vorteile. Bei den heute üblichen Innenmischern treten in Folge des intermittierenden Betriebes bei jedem Mischzyklus thermische Anfahreffekte auf; der Prozeß ist nur quasistationär. In einem kontinuierlichen Prozeß, wie er hier 25 vorgeschlagen wird, ist die Gefahr von Qualitätsschwankungen um ein vielfaches geringer.

Die Geometrie eines Innenmischers ist nicht bzw. nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand veränderbar. Durch den modularen Aufbau der beanspruchten Herstellungsvorrichtung kann die Geometrie der Misch- und Förderelemente optimal auf die herzustellende Kautschukmischung abgestimmt werden, woraus eine optimale Mischgüte resultiert. Aufgrund der sehr guten Mischgüte und deren zeitlicher Konstanz 30 können die kostenintensiven Freibeprobungen (vergleiche Tabelle 1) entfallen. Ferner ist es bei vielen Kautschukmischungen nicht mehr erforderlich, diese zum Zweck diffusiver Ausgleichsvorgänge zwischenzulagern. Unmittelbar im Anschluß an den Mischprozeß kann das Material ohne erneutes Plastifizieren zum Halbzeug oder Endprodukt weiterverarbeitet werden.

Die Erfindung läßt sich anhand von Ausführungsbeispielen erläutern. Dazu zeigt die Zeichnung in 35 Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Doppelschneckenextruder mit Hauptverfahrenszonen A und B für die kontinuierliche Herstellung der Kautschukgrund- und -fertigmischung in einem Arbeitsgang, Fig. 2 einen Längsschnitt durch zwei Doppelschneckenextruder D, E, in denen die Kautschukgrund- und Fertigmischung getrennt, aber kontinuierlich herstellbar sind, 40 Fig. 3 einen Längsschnitt durch einen Doppelschneckenextruder, bei dem im Extrudergehäuse zwei unabhängig voneinander antreibbare Schneckenpaare angeordnet sind, und Fig. 4 einen Querschnitt ZZ durch das Extrudergehäuse gemäß Fig. 1.

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich beispielsweise auf einer Vorrichtung gemäß Fig. 1 durchführen, bei der in ihrem Aufbau von einem Doppelschneckenextruder ausgegangen wird. Das Extrudergehäuse 45 1 ist aus einer Reihe von miteinander verbundenen Gehäuseschüssen aa bis ai aufgebaut und verfügt über eine Einfüllöffnung 5 für den Rohkautschuk, einer Vielzahl von weiteren Einfüll- und Entgasungsöffnungen 22 bis 26 sowie an seinem stromabwärtigen Ende über eine Extruderdüse 3, durch die die Kautschukfertigmischung den Extruder verläßt.

In dem Extrudergehäuse 1 rotieren zwei miteinander kämmende Extruderschnecken 2 (Fig. 4), die 50 entsprechend ihren in den verschiedenen Gehäuseabschnitten unterschiedlichen Aufgaben über untereinander der gleiche, aber in Förderrichtung verschiedene Schneckengeometrien aufweisen (z.B. Knet-, Scher-, Misch-, Drossel-, Fördergeometrien).

Zur Verdeutlichung der Funktionsweise eines solchen Extruders soll im Folgenden die Herstellung einer Kautschukfertigmischung beschrieben werden.

Der Extruder ist in zwei Hauptverfahrenszonen A, B aufgeteilt, in denen die Herstellung der Kautschukgrundmischung (Zone A) und die Herstellung der Kautschukfertigmischung (Zone B) kontinuierlich erfolgen. 55 Dazu wird durch die Einfüllöffnung 5 kontinuierlich Rohkautschuk a in den Extruder eingespeist. Die in diesem Extruderbereich förderwirksam ausgebildeten Extruderschnecken 2 erfassen den Rohkautschuk und

bauen einen Förderdruck auf. Im Bereich der Gehäuseschüsse ab, ac wird der Rohkautschuk plastifiziert und homogenisiert und mit Chemikalien sowie einem Weichmacher b versehen, die durch die Gehäuseöffnung 22 in den Extruder eingespeist werden.

Diese Zusätze werden anschließend in den Rohkautschuk eingemischt und zu einer homogenen Mischung aufbereitet.

Als weitere, nicht-reaktive Mischungskomponente wird anschließend durch die Gehäuseöffnung 23 im Gehäuseschuß ad beispielsweise Ruß oder Talkum c in den Extruder eingefüllt und durch die Extruderschnecken mit dem Extrudat zu einer homogenen Kautschukmischung verarbeitet.

Innerhalb dieser Hauptverarbeitungszone A des Extruders hat sich die Extrudertemperatur von ca. 25 ° C des Rohkautschuk auf 150 ° C bis 160 ° C im Extruderabschnitt ae erhöht. Aufgrund der Verfahrensweise, daß in dieser Zone A des Extruders nur die nicht-reaktiven Mischungskomponenten in den Extruder eingespeist werden sowie der Verwendung eines selbstreinigungsfähigen Zweischnellenextruders, kommt es hier weder zu Vulkanisationserscheinungen noch zu Ablagerungen von Extrudat.

In der Hauptverfahrenszone B wird das Extrudat beginnend mit dem Gehäuseschuß af auf eine Temperatur im Bereich von 100 ° C bis 120 ° C durch eine Kühlvorrichtung für das Extrudergehäuse abgekühlt. Diese Temperaturreduzierung ist notwendig, da in dieser Zone B des Extruders die Kautschukfertigmischung durch Einmischen der reaktiven Mischungsbestandteile hergestellt wird. Eine Überschreitung dieses Temperaturbereiches würde eine ungewünschte vorzeitige Vulkanisation der Kautschukmischung zur Folge haben.

Die Kühlung des Extrudates erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel durch ein flüssiges Kühlmedium, wie beispielsweise Wasser, das durch Bohrungen 4 im Extrudergehäuse 1 geleitet wird. Ein an den Extruder angeschlossener, aber nicht dargestellter Wärmetauscher besorgt die Abfuhr der überschüssigen Wärmemenge aus der Kühlflüssigkeit.

Abweichend von diesem Ausführungsbeispiel kann die Kühlung des Extrudergehäuses aber auch durch um die Gehäuseaußenwand gelegte Kühlkanäle erfolgen, wenngleich auch eine Kühlung über die Extruderschnecken denkbar ist. Zudem kann in Abhängigkeit von der abzuführenden Wärmemenge auch eine andere Wärmetauscherflüssigkeit verwendet werden, die beispielsweise auch bei Vorlauftemperaturen unter 0 ° C noch fließfähig ist.

Die in die Hauptverfahrenszone B gelangte Kautschukgrundmischung g wird demnach im Gehäuseschuß af gekühlt und gemäß Fig. 1 über eine Entgasungsöffnung 24 von gasförmigen Extrudatbestandteilen d befreit. Im Gehäuseschuß ag werden der Kautschukmischung anschließend über die Einspeiseöffnung 25 die reaktiven Mischungsbestandteile f, wie beispielsweise Schwefel und Reaktionsbeschleuniger, zugeführt. Anschließend wird das Extrudat unter ständiger Kühlung mit diesen Zusätzen vermischt und zu einer homogenen Kautschukmischung verarbeitet. In dem durch den Gehäuseschuß ah gebildeten Extruderbereich wird das Extrudat noch einmal von seinen flüchtigen Bestandteilen f über die Gehäuseöffnung 26 entgast, um schließlich im Bereich des Gehäuseschusses ai durch die Extruderschnecken 2 auf den notwendigen Werkzeugdruck gebracht zu werden. Das Extrudat verläßt den Zweischnellenextruder schließlich über die Extrusionsdüse 3 als Kautschukfertigmischung, die derart gut homogenisiert ist, daß keine weitere Zwischenlagerung für den bisher üblichen diffusen Stoffaustausch mehr notwendig ist und daher direkt zur kontinuierlichen Weiterverarbeitung abtransportierbar ist.

Eine Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in Fig. 2 dargestellt. Hier wird die Grundmischung in einem ersten Zweischnellenextruder D und die Fertigmischung in einem zweiten Zweischnellenextruder E hergestellt. Die Extruder D, E sind vergleichsweise aufgebaut wie der Extruder gemäß Fig. 1, jedoch ist die Hauptverfahrenszone A im Extruder D und die Hauptverfahrenszone B im Extruder E realisiert. Die Zuführung der Mischungskomponenten sowie die Entgasung des Extrudates erfolgt an den gleichen Gehäuseöffnungen wie im Extruder gemäß Fig. 1 und unter den gleichen thermischen Bedingungen. Die von dem Extruder D hergestellte Kautschukgrundmischung g wird direkt in die Einfüllöffnung 6 für die Grundmischung in den Extruder E eingespeist und dort anschließend zur Kautschukfertigmischung weiterverarbeitet.

Auch in dieser Ausführungsform der beanspruchten Vorrichtung braucht die Grundmischung gegenüber dem Stand der Technik nicht zum Abkühlen zwischengelagert und anschließend in einer zweiten Mischvorrichtung auf das für die Einmischung der reaktiven Mischungskomponenten erforderliche Temperaturniveau gebracht zu werden.

In einer weiteren Variante wird die Vorrichtung zur Durchführung des beanspruchten Verfahrens durch einen Doppelschnellenextruder gemäß Fig. 3 gebildet. Dieser Extruder verfügt über zwei Schnellenpaare 12, 13, die von Antriebseinheiten 7, 8 an den gegenüberliegenden Enden des Extrudergehäuses 9, 10 angetrieben werden. Das Extrudergehäuse läßt sich auch hier in zwei Hauptverfahrenszonen A, B aufteilen, die durch die Länge der Extruderschnecken und/oder durch die mit oder ohne Kühlkanälen 11 versehene

Extrudergehäuseabschnitte bestimmbar sind, wobei die Schnecken 13 der Zone B einen größeren Durchmesser hat als die Schnecken 12 der Zone A und bei dem der Innendurchmesser der Gehäusebereiche 9, 10 im gleichen oder doch ähnlichem Verhältnis zueinander ausgebildet sind.

Der Rohkautschuk a wird über eine Einlaßöffnung 16 in den Extruder eingefüllt, wo er im Bereich der Hauptverfahrenszone A homogenisiert und plastifiziert und mit den zur Herstellung der Kautschukgrundmischung notwendigen nicht-reaktiven Mischungskomponenten b, c, versehen wird. In der Verfahrenszone B wird das Extrudat entgast (d, f) und mit den reaktiven Mischungsbestandteilen e versehen. Diese werden hier unter ständiger Kühlung in die Grundmischung eingemischt und mit dieser bei einer Temperatur von 100 ° C bis 120 ° C zu einer homogenen Fertigmischung verarbeitet. Schließlich kann die Fertigmischung durch die Extruderauslaßöffnung 15 die Mischvorrichtung verlassen.

Die mit dem Verfahren gemäß Anspruch 1 auf einer Vorrichtung gemäß Fig. 1 im Labormaßstab gefertigte Kautschukmischung war trotz zuvor gehegter Skepsis hervorragend. Dies war um so überraschender, weil die Fachwelt auf diesem Gebiet der Technik seit Jahrzehnten mit den Nachteilen der Innenmischer belastet war und eine Verwendung von Doppelschneckenextrudern zur kontinuierlichen Herstellung von Kautschukfertigmischungen bisher nicht diskutiert wurde.

Anhand von Versuchsbeispielen kann die erzielte Fertigmischungsgüte beurteilt werden.

Rezeptur A (PKW-Laufläche)	
Mischungskomponente	Gewichtsanteil %
Kautschuk SBR 1712	58,0
Ruß N 339	31,6
Aromatisches Öl	6,3
Alterungsschutzmittel IPPD	0,6
Stearinsäure	0,8
Zinkoxid	1,3
Schwefel	0,6
Beschleuniger VDM/C	0,5
Beschleuniger VD/C	0,3
	<u>100,0</u>

Der in diesem Mischungsversuch eingesetzte Kautschuk hatte eine Speisetemperatur von 25 ° C und die Temperatur des Extrudates im Extruderabschnitt ae betrug 160 ° C. Vor der Einlaßöffnung 25 für die reaktiven Mischungskomponenten wurde eine Extrudattemperatur von 105 ° C gemessen, die entlang der gesamten Hauptverfahrenszone mit Abweichungen von ± 5 ° C eingehalten werden konnten. Die Temperatur des Extrudates kurz vor der Extruderdüse ließ sich mit 115 ° C ermitteln. Bei einem Schneckendurchmesser von 90 mm betrug die Verfahrenszone A = 18 Schneckendurchmesser und die Verfahrenszone B ebenfalls = 18 Schneckendurchmesser. Mit der beschriebenen Vorrichtung ließen sich ca. 500 - 600 kg Fertigmischung pro Stunde herstellen. Die Fertigmischung war von sehr guter Homogenität und wies im Vergleich zu auf Innenmischern produzierten Mischungen einen wesentlich besseren Rußdispersionsgrad auf. Auch die Streuung der Rheometerkurven zur Untersuchung des Vulkanisationsverhaltens der Mischungen zeigte im Vergleich deutlich bessere Ergebnisse.

In einem Versuch zur Herstellung einer Fertigmischung für LKW-Lauflächen gemäß Rezeptur B ließen sich bei gleichen Extruderabmessungen und Temperaturniveaus ca. 500 kg Fertigmischung pro Stunde produzieren. Prinzipiell wurden ähnliche Vergleichsergebnisse erzielt.

Rezeptur B (LKW-Laufläche)	
Mischungskomponente	Gewichtsanteil %
Naturkautschuk RSS3	60,5
Ruß N 220	30,2
Aromatisches Öl	1,8
Alterungsschutzmittel IPPD	0,6
Alterungsschutzmittel TMQ	0,6
Lichtschutzwachs	0,9
Stearinsäure	1,8
Zinkoxid	1,8
Beschleuniger MBS	0,9
Schwefel	0,9
	<u>100,0</u>

In einem dritten Versuch konnte Fertigmischung für automotive Profile gemäß der Rezeptur C nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden. Auch hier wurden die Temperaturen auf dem vorgenannten Niveau gehalten und 400 kg pro Stunde produziert. Die Qualität der Fertigmischung war auch in diesem Versuch ausgezeichnet.

Rezeptur C (Automotive Profile)	
Mischungskomponente	Gewichtsanteil %
Kautschuk EPDM	23,0
Zinkoxid	1,2
Stearinsäure	0,2
Ruß N 550	29,0
Kreide	18,7
Naphtenisches Öl	26,5
Beschleuniger TP/S	0,7
Beschleuniger TMTD	0,3
Beschleuniger MBT	0,2
Schwefel	0,2
	<u>100,0</u>

Bezugszeichenliste:

- 1 = Extrudergehäuse
- 2 = Extruderschnecke
- 3 = Extruderdüse
- 4 = Kühlkanal
- 5 = Einfüllöffnung Rohkautschuk
- 6 = Einfüllöffnung für die Grundmischung
- 7 = Schneckenantrieb
- 8 = Schneckenantrieb
- 9 = Extrudergehäuse (Grundmischung)
- 10 = Extrudergehäuse (Fertigmischung)
- 11 = Kühlkanal
- 12 = Extruderschnecke
- 13 = Extruderschnecke
- 14 =
- 15 = Auslaßöffnung für die Fertigmischung
- 16 = Einlaßöffnung für den Rohkautschuk
- 21 = Extruderschnecke
- 22 = Öffnungen im Extrudergehäuse

- 23 = Öffnungen im Extrudergehäuse
- 24 = Öffnungen im Extrudergehäuse
- 25 = Öffnungen im Extrudergehäuse
- 26 = Öffnungen im Extrudergehäuse
- 5 31 = Extruderdüse
- a = Rohkautschuk
- b = Weichmacheröl, Chemikalien
- c = Ruß oder Talkum
- d = Entgasung
- 10 e = Vernetzungskemikalien
- f = Entgasung
- g = Kautschukgrundmischung
- A = Hauptverfahrenszone Grundmischung
- B = Hauptverfahrenszone Fertigmischung
- 15 D = Grundmischungsextruder
- E = Fertigmischungsextruder
- aa = Gehäuseschuß
- ab = Gehäuseschuß
- ac = Gehäuseschuß
- 20 ad = Gehäuseschuß
- ae = Gehäuseschuß
- af = Gehäuseschuß
- ag = Gehäuseschuß
- ah = Gehäuseschuß
- 25 ai = Gehäuseschuß
- d₁ = Gehäusedurchmesser
- d₂ = Gehäusedurchmesser

Patentansprüche

30

1. Verfahren zur einstufigen, kontinuierlichen Herstellung einer Kautschukgrund- und -fertigmischung für Fahrzeugreifen, Antriebsriemen, Transportbänder sowie für technische Gummiartikel,

dadurch gekennzeichnet,

35

daß Rohkautschuk (a) in einem Doppelschneckenextruder eingefüllt und dort plastifiziert und homogenisiert wird, daß anschließend die zur Herstellung der Grundmischung (g) notwendigen nicht-reaktiven Mischungszusätze in vorgewählten Abständen entlag des Extruders eingefüllt und bei Temperaturen von 100 ° C bis 160 ° C mit dem Rohkautschuk (a) vermischt und homogenisiert werden,

40

daß diese Grundmischung (g) anschließend in diesem Extruder auf eine Temperatur im Bereich von 100 ° C bis 120 ° C abgekühlt wird,

45

daß die auf dieser Temperatur gehaltene Grundmischung (g) in demselben Extruder mit allen für die Herstellung der Fertigmischung notwendigen reaktiven Mischungszusätzen versehen und diese in die Grundmischung (g) eingemischt und mit dieser homogenisiert werden, wobei die Mischung ständig durch Kühlung auf dem die Vulkanisierung verhindernden Temperaturniveau gehalten wird.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

50

daß der Doppelschneckenextruder über dichtkämmende und gleich oder gegenläufig um ihre Längsachse antreibbaren Extruderschnecken (2) verfügt und sein Gehäuse (1) entlang seiner Verfahrenszonen (B) zur Herstellung der Kautschukfertigmischung über eine Kühlvorrichtung aufweist.

- 55 3. Vorrichtung gemäß Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß das Gehäuse (1) der Mischvorrichtung Einspeise- und Entgasungsöffnungen (22 bis 26) aufweist, deren Abstände von der Einfüllöffnung (5, 16) für den Rohkautschuk von dem einzufüllenden oder abzuführenden Stoff, der jeweiligen Stoffmenge, der Schneckendrehzahl, dem Extrudatdurchsatz pro Zeiteinheit und von der Viskosität des Rohkautschuks (a) abhängen.

5

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

10

daß der Abstand der Einspeise- bzw. Entgasungsöffnungen (5, 6, 22 bis 26) untereinander 0,5 bis 10 Schneckendurchmesser beträgt.

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 2,

15

dadurch gekennzeichnet,

20

daß die Gesamtlänge des Extruders bis zu 60 Schneckendurchmesser beträgt, wobei die Länge der Hauptverfahrungszone (A) für die Gummimischung (g) und die Hauptverfahrungszone (B) für die Fertigmischung in Abhängigkeit von den Mischungsbestandteilen in Bezug auf die Gesamtlänge des Extruders ein Verhältnis von 70 % zu 30 % bzw. 30 % zu 70 % bilden, vorzugsweise aber ein Verhältnis von 50 % zu 50 % gewählt wird.

6. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 2 bis 5,

25

dadurch gekennzeichnet,

daß die Grundmischung in einem ersten Doppelschneckenextruder (D) herstellbar ist, der kontinuierlich einen zweiten kühlbaren Doppelschneckenextruder (E) für die Fertigmischung speist.

30

7. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 2 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,

35

daß der Extruder über zwei Schneckenpaare (12, 13) verfügt, die von getrennten Antriebsvorrichtungen (7, 8) angetrieben in einem gemeinsamen Gehäuse (9, 10) horizontal hintereinander angeordnet sind, wobei das erste Schneckenpaar (12) zur Mischung der Kautschukgrundmischung (g) dient und einen Schneckendurchmesser d_1 aufweist, während das zweite Schneckenpaar (13) zur Übernahme und Fertigmischung der Grundmischung (g) bestimmt ist, wobei der Durchmesser d_2 dieser Schnecken (13) größer ist als d_1 und bei dem die Fertigmischungszone (B) des Extrudergehäuses (10) über eine Kühlvorrichtung verfügt.

40

8. Vorrichtung gemäß Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

45

daß die Kühlvorrichtung mit wenigstens einem flüssigen Kühlmedium betrieben wird.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 8,

50

dadurch gekennzeichnet,

daß das Kühlmedium durch Bohrungen (11) im Gehäuse (9, 10) der Mischvorrichtung leitbar ist.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 8,

55

dadurch gekennzeichnet,

daß das Kühlmedium durch auf der Oberfläche des Gehäuses (1, 10) des Extruders herum angeordnete

ten Strömungskanälen leitbar ist.

11. Verwendung eines Doppelschneckenextruders mit in seinem Gehäuse angeordneten, um ihre Längs-
achsen antreibbaren und miteinander dicht kämmenden Extruderschnecken, bei dem das Extruderge-
häuse über Einfüll- und Entgasungsöffnungen verfügt und bei dem zur Kühlung des Extrudates eine
flüssigkeitsbetriebene Kühlvorrichtung vorhanden ist,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Doppelschneckenextruder zur kontinuierlichen Herstellung einer Kautschukfertigmischung dient,
wobei in einer ersten Extruderzone (A) die Herstellung der Kautschukgrundmischung (g) durch Einfüllen
von Rohkautschuk (a) sowie aller nicht-reaktiven Mischungszusätze und deren Einmischung und
Homogenisierung erfolgt und bei der in einer zweiten Extruderzone (B) in die Grundmischung (g) unter
intensiver Kühlung des Extrudates alle reaktiven Mischungskomponenten in den Extruder eingefüllt,
eingemischt und zu einer Kautschukfertigmischung homogenisiert werden, während die Temperatur
des Extrudates durch ihre Kühlung ständig unter der Vulkanisationstemperatur des Kautschuks gehalten
wird.

Fig. 1

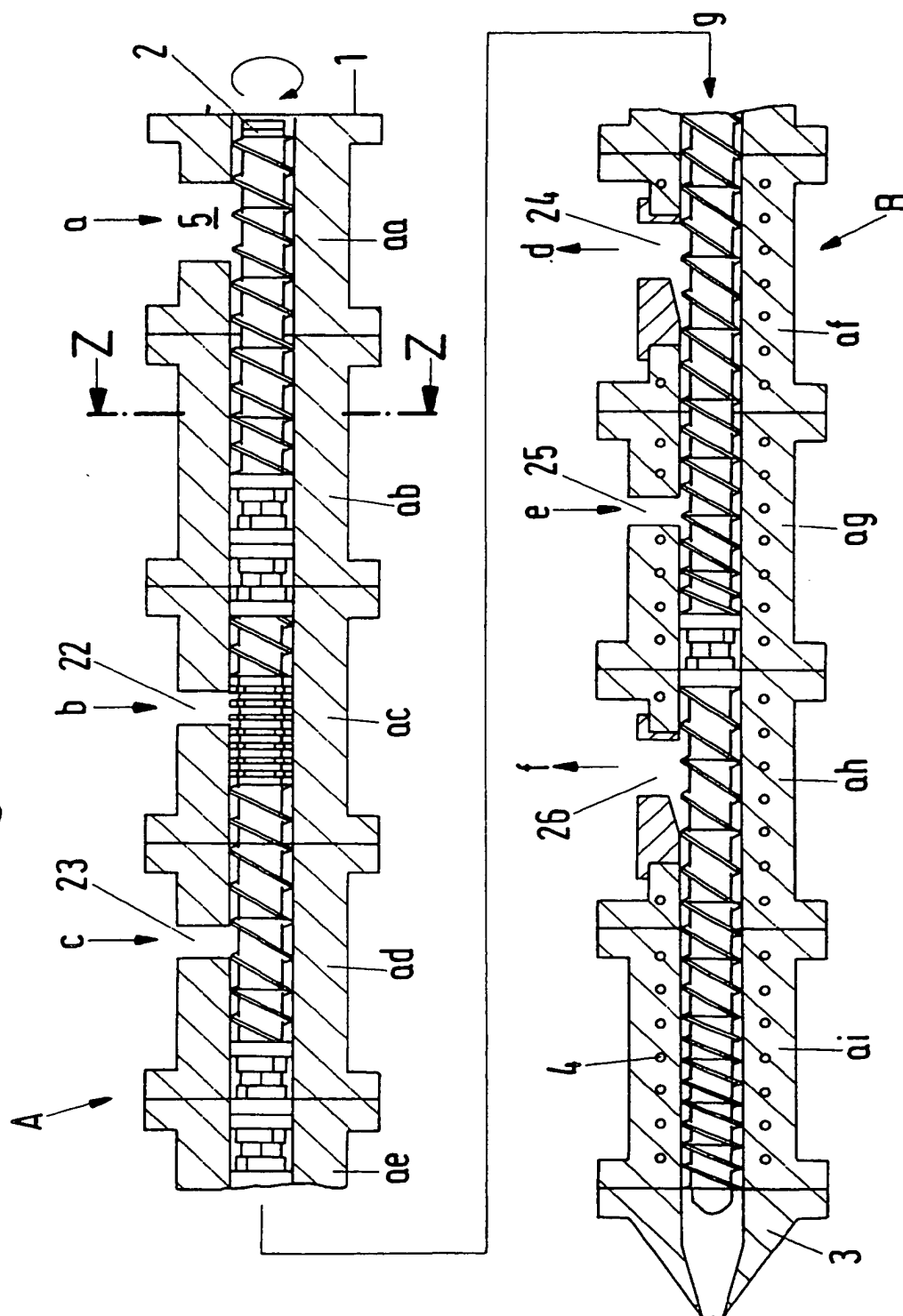


Fig. 4
(Z-Z)

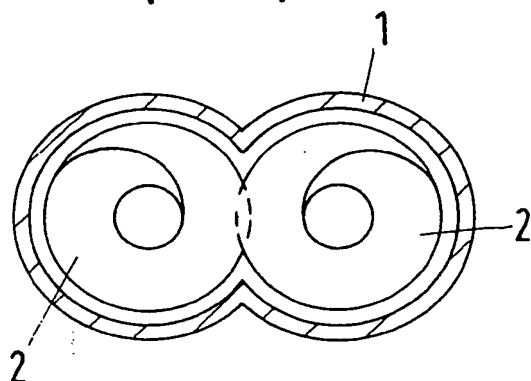


Fig. 2

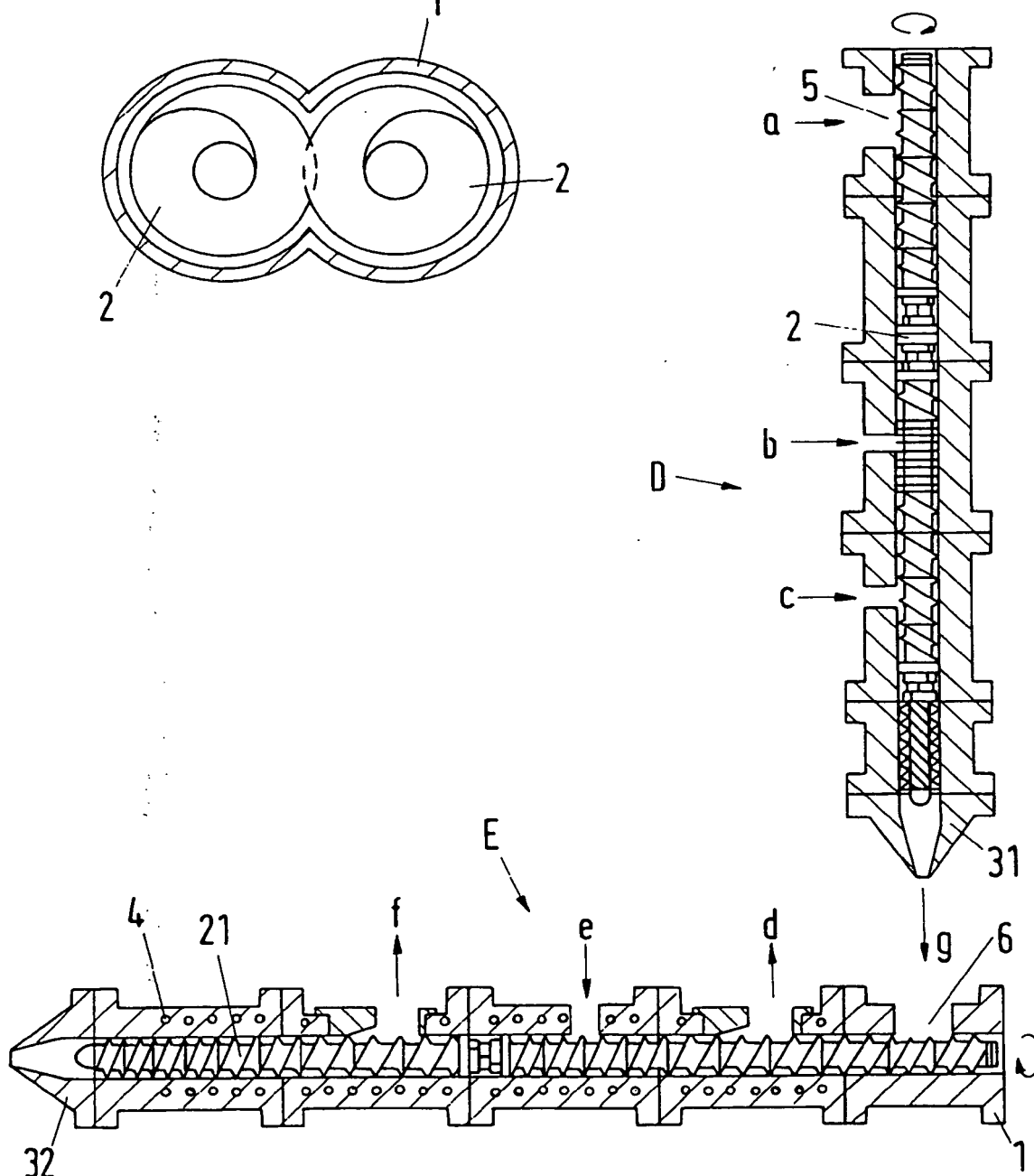
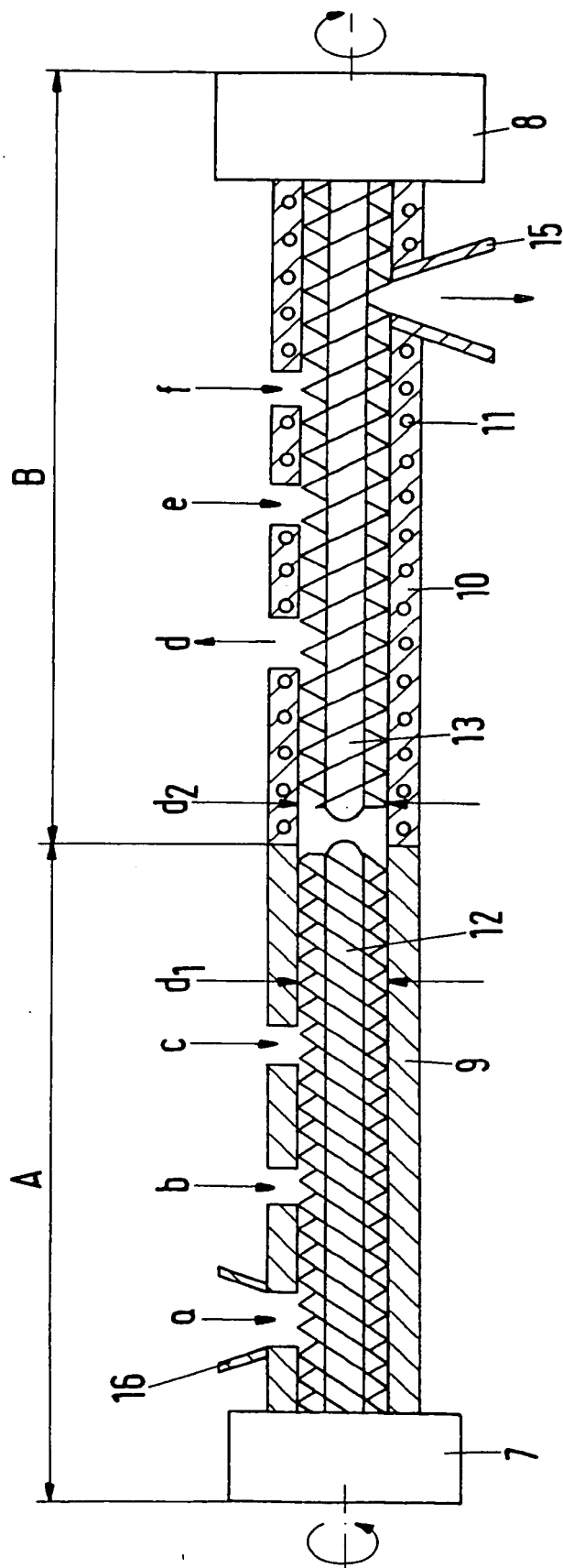


Fig. 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 91117696.4
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 7)
A	<u>US - A - 3 968 955</u> (FRITSCH) * Gesamt * --	1-4, 8-11	B 29 B 7/48 //B 29 K 7:00
A	<u>DE - A - 1 679 878</u> (WERNER & PFLEIDERER) * Seite 6, Zeilen 18-24 * --	1, 2	
A	<u>DE - A - 1 604 396</u> (WERNER & PFLEIDERER) * Seite 8, Zeilen 16-30 * --	1	
A	<u>DE - A - 1 454 745</u> (BASF) * Gesamt * ----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 7)
			B 29 B
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 10-12-1991	Prüfer REININGER
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EP Form 1503 03/82